

VEZETÉK NÉLKÜLI ENERGIAÁTVITEL

2017.02.16.

Az Energetikai Szakkollégium Dr. Ronkay Ferenc emlékfélévének nyitóelőadásán a vezeték nélküli energiaátvitel fizikai megvalósításáról, felhasználási területeiről és jövőbeli trendjeiről hallhattak előadást az érdeklődők. A Szakkollégium a BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék szakmai és oktatói tevékenységéért többszörösen elismert docensét, Dr. Gyimóthy Szabolcsot hívta meg az előadás megtartására.

A VEZETÉK NÉLKÜLI ENERGIAÁTVITEL MÚLTJA ÉS JELENE

A vezeték nélküli energiaátvitel víziója a mindenütt jelen lévő korlátlanul elérhető energia, mely minden eddiginél nagyobb mobilitást adhat az elektromos eszközöknek, már Nikola Teslát is foglalkoztatta. Bő száz évvel ezelőtt a híres feltaláló úgy gondolta, hogy az általa tervezett torony segítségével akár egész földrészeket is elláthat villamos energiával. A téma 2007-ben került újra a szélesebb köztudatba, amikor az amerikai MIT-n egy kutatás eredményeként néhány méteres távolságból tudtak egy izzót működtetni. Felmerülhet a kérdés bennünk, hogy miért kellett közel száz évet várni ezen technológia megvalósítására. Csak az elmúlt évtizedekben ment végbe a fejlődés a félvezető technológiában és az elektronikában, mely területek eredményei nélkül nem sikerülhetett Teslának a stabil vezeték nélküli energiaátvitelt létrehoznia.

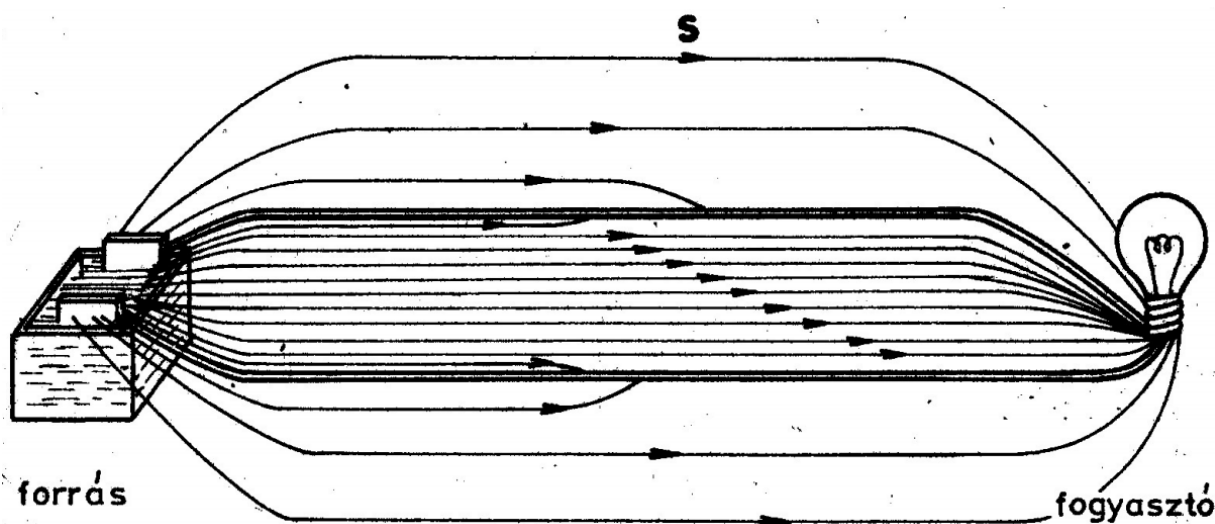
A vezeték nélküli energiaátvitel gyűjtőfogalom, több technológiát takar, melyeket két nagy csoportba rendszerezhetünk. Az egyik csoport a közeltéri, azaz nem sugárzó átvitel, ahol az alkalmazott frekvenciának a szabadtéri hullámhossza nagyobb, mint az adó és a vevő távolsága. Ezen belül található a tisztán induktív és kapacitív csatolások csoportjai. Másik csoport a távotéri, vagyis a sugárzó átvitel. Ebben az esetben az energiát mikrohullám vagy lézer segítségével továbbítják az adás frekvenciájánál nagyságrendekkel nagyobb távolságra.

A tisztán induktív csatolást használó energiaátvitel kisebb egészségügyi kockázattal jár, mert ilyenkor az adó és a vevő nagyon közel van egymáshoz. Ezzel ellentétben a lézeres technológiát használó átvitel nagyobb teljesítményű, nagyobb távolságra továbbít, így az egészségügyi kockázat sem elhanyagolható. A harmadik technológia a rezonancián

alapuló átvitelt használja, mely jellemzően néhány centiméter távolságra továbbítja az energiát. Hátránya, hogy itt is foglalkozni kell a jelentősebb egészségügyi kockázattal.

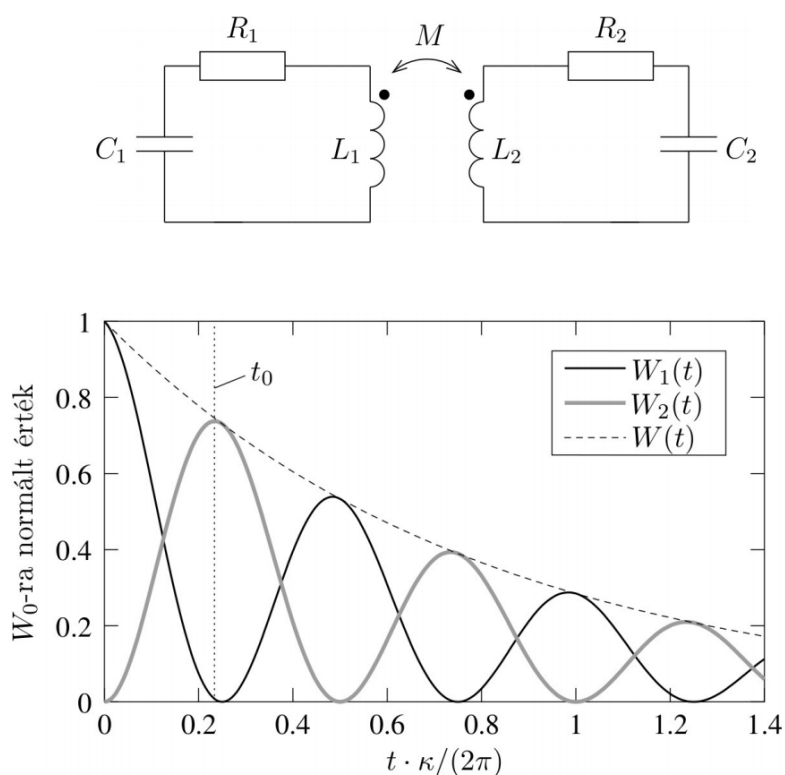
REZONANCIA ALAPÚ ENERGIAÁTVITEL FIZIKAI ÉS MATEMATIKAI HÁTTERE

Dr. Gyimóthy Szabolcs kifejtette, hogy vezetékes átvitelnél az energia a vezeték körülvevő térben terjed. Ennek leírására a Poynting-vektort használjuk, mely megadja a teljesítményáramlás irányát és nagyságát. Ezen vektort az elektromos és mágneses térerősség vektoriális szorzataként számítjuk. Mivel ezek a térerősségek a vezeték keresztmetszeti síkjában vannak, a Poynting-vektor a vezeték irányával párhuzamos és a vezeték melletti térbe is kiterjed. A 1. ábrán is láthatók az energiaáramlást szemléltető vektorok. Az ábrán a veszteséget reprezentálják azok a helyek, ahol a vektor beleütözik a vezetékbe.



1. ábra: Az energiaáramlást ábrázoló vektorok
Forrás: www.emfrf.com, Vágó I. *Villamosságtan II.*

A rezonancián alapuló átvitel megértéséhez célszerű először a csatolt inga viselkedését tanulmányozni. A rendszer ingái lengésbe kezdenek, ezt követően felváltva nagyobb, majd kisebb amplitúdóval mozognak, így megállapíthatjuk, hogy csatolás révén energia áramlik át az egyik ingából a másikba. A csatolt inga elektromos megfelelője a csatolt rezgőkör, melynek két része kölcsönös induktivitáson keresztül van összekapcsolva. A rendszerben a veszteség hatására folyamatosan csökken a rendszerben lévő energia.



2. ábra: Csatolt rezgések veszteséges esetben

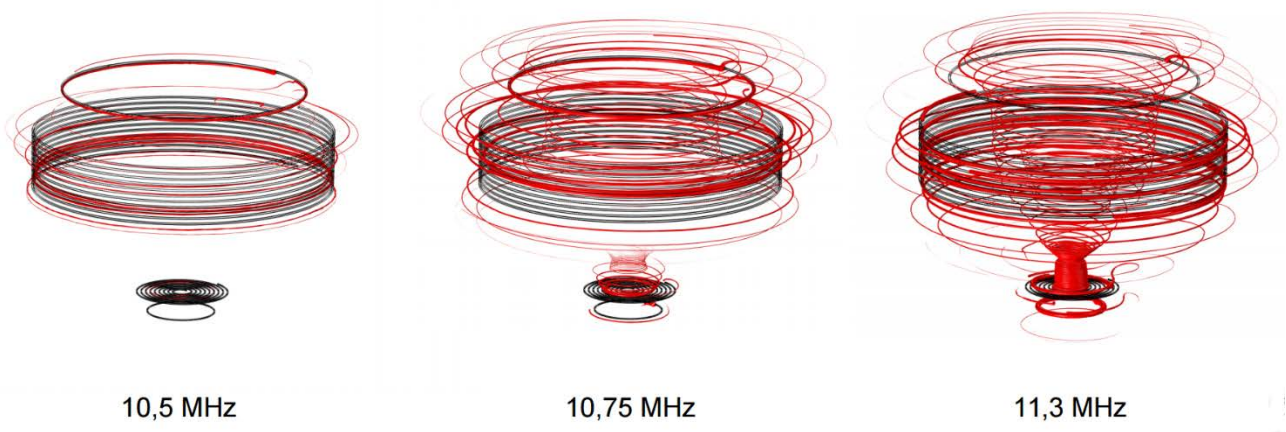
A csatolt rezgőkört szinuszos generátorral és fogyasztóval kiegészítve gerjesztett csatolt rezonátorpárt kapunk. Ez a rendszer még nem alkalmas hosszú idejű vezeték nélküli energiaátvitelre, ahhoz félvezető elektronikákkal szükséges kiegészíteni. Mivel a hálózathoz vett teljesítményt a hálózati frekvencián vételezzük, és a csatolt rezonanciát rádió frekvencián célszerű elvégezni, ezért a primer oldalon egy invertert vagy egy erősítőt helyezünk el. A szekunder oldalt

akkumulátor töltésére alkalmassá tételéhez egyenirányítóval látjuk el. A megfelelő hatásfok eléréshez a rendszert impedancia-illesztő áramkörrel kell kiegészíteni.

Természetesen nemcsak az előző bekezdésben taglaltak szükségesek a vezeték nélküli energiaátvitel megvalósításához, számos más elektronika és technológia finomítja a rendszer működését. A cégeknek, melyek ilyen technológiával akarják ellátni eszközeiket, természetesen nem kell saját megoldásokat fejleszteniük, helyette használhatják más gyártók szabványait. Az AirFuel Alliance fejlesztő cég szabványának neve a Rezence, melynek különlegessége, hogy a teljesítményátvitel (mely 6,78 MHz-en történik) mellett egy teljesen független kommunikáció (2,4 GHz-en) is folyik az adó és a vevő eszköz között. Ezzel szemben a Wireless Power Consortium szabványában – a Qi-ben – a teljesítmény és az adatátvitel közös csatornán történik.

Matematikai megközelítésben az energiaátvitel kétkapuvál, impedancia vagy szórás paraméterekkel írható le. A paraméterek meghatározásához három fő modell létezik. Ezek közül a koncentrált paraméterű modell a legegyszerűbb, azonban hátránya, hogy pontatlanul írja le a berendezés működését és csak egy frekvencián ad helyes eredményeket. A csatolt módusok modellje ezzel szemben olyan fogalmakkal dolgozik,

mint a csatolási tényező, csillapítás és a módusamplitúdó. A rendszer működését differenciálegyenlet-rendszer megoldásával tudjuk modellezni. A modell előnye, hogy a tervezésnek különböző irányelveket tud adni, azonban nagy hátránya, hogy a megvalósítás csak áttételesen látható. A paraméterek kiszámolására a harmadik módszer a direkt térszámítási, azaz Maxwell-egyenleteken alapuló modell használata. Az előadónk által mutatott példán a térszámítási modellt alkalmazva jól láthatóval vált a teljesítményáramlás. A rezonanciafrekvencia közelében a teljesítmény nagyobb része jutott át a szekunder tekercsre, míg a rezonancia frekvenciától távol a tekercsbe juttatott energia disszipálódott.



3. ábra: Teljesítményáramlás különböző frekvenciákon

Dr. Gyimóthy Szabolcs elmondta, hogy a vezeték nélküli energiaátvitel két szakmaterület határán helyezkedik el. Az energiaátvitellel energetikusok foglalkoznak, azonban a vezeték nélküli megvalósításhoz mikrohullámú kutatásokban jártas szakemberek szükségesek. Ez megnehezíti a hatásfok definiálását, mert mindkét szakterületnek más jelenti a lényeges hatásfok fogalmakat. Nagyfrekvenciás szakemberek a teljesítményillesztést használják, mely megmutatja, milyen terheléssel lehet a legnagyobb teljesítményt kivenni a rendszerből, azonban ilyenkor legfeljebb 50%-os hatásfokot lehet elérni. Ez a módszer csak a híradástechnikában alkalmazható jól.

A hatásfoknak főleg nagy energiaigényű rendszereknél van szerepe, mivel ilyenkor kis veszteség is drága lehet, és nagy melegítő hatást tud kiváltani. Rezonáns rendszereknél, ha nem változik a két oldal illesztése, gyorsan csökken a hatásfok a frekvencia változtatásával. Ez ugyanolyan hatással jár, mintha fix frekvencián a rezonátorokat hangolnánk el a távolság és orientáció változtatásával, esetleg egy idegen tárgy adó és

vevő közé bejuttatásával. Ezen hibaforrások mind előfordulhatnak, ezért mindre fel kell készülni, ki kell küszöbölni a rendszer elhangolódását.

A hatásfokkal kapcsolatban bevezetett új mennyiség a jósági szám, mely a tekercsek csatolási tényezőjének és a jósági tényezőknek a szorzata. Ez az érték jól leírja az átvitelt és a rezonancia hatását. Tisztán induktív csatolásnál kizárólag a tekercsek csatolási tényezője jellemzi, azonban rezonáns rendszerben alacsony csatolási tényezőnél is lehet jó az átvitel. Ehhez nagy jósági tényezőjű tekercseket kell használni, ilyenkor a jósági szám értéke akár több száz is lehet. A kis csatolási tényezőjű, de nagy jósági tényezőjű rezonancián alapuló tekercsek távolabb vihetők egymástól.

A vezeték nélküli energiaátvitelt befolyásolja a tekercsek csatolásának jellege. Szoros csatolásnak nevezzük azt az állapotot, amikor a tekercsek induktív csatolási tényezője egyhez közelít. Laza a csatolás, ahol ez az érték egynél kisebb, míg gyenge csatolás esetén a csatolási együttható sokkal kisebb a rezonancia frekvenciánál. Kritikusan csatolt rendszerben, ha csatolási tényező növekedésével a túlcsatolt tartományba érünk, akkor után kell szabályozni a rendszert. Így például, megfelelő csatolással 70%-os hatásfok is elérhető a tekercsek között, azonban ez az elektronika és egyéb berendezések vesztesége miatt ez lecsökkenhet akár 30%-ra is.

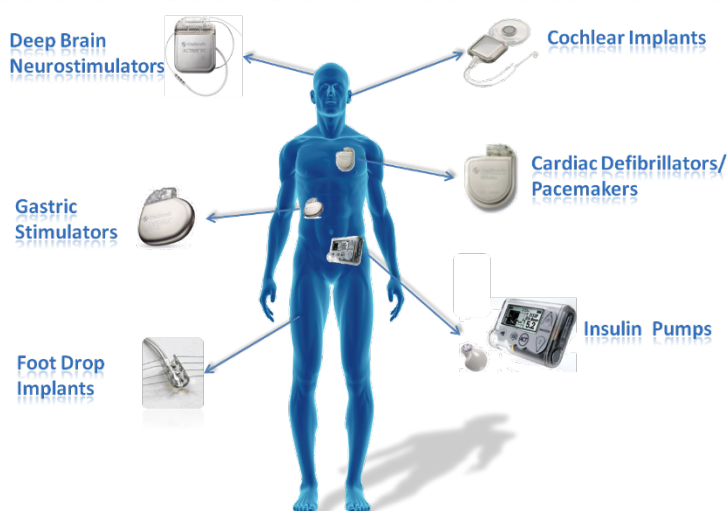
FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEK ÉS EGÉSZSÉGÜGYI KOCKÁZATOK

Ma már számos helyen megtalálhatunk vezeték nélküli töltésre alkalmas eszközöket és töltőket, főleg háztartásokban, emellett kísérleti fázisban már a városi közlekedésben is előfordul. A jelenleg elterjedőben lévő viselhető eszközök töltését is jóval kényelmesebbé teheti ezen technológia.

Az elektromos járművek vezeték nélküli töltése kétfajta módon valósítható meg, mind az álló helyzetben, mind a mozgás közben történő töltésre léteznek már prototípusok. A mozgás közben vezeték nélkül tölthető járműveknek fő előnye, hogy csak indulás és biztonsági tartalék céljából kell akkumulátorral felszerelni, így ez nemcsak a jármű tömegét, hanem annak árát is csökkenti. Elektromos járművek töltését nemcsak szárazföldön könnyítheti meg a vezeték nélküli energiaátvitel, hanem víz alatt is, ahol a fémes csatlakozásokat nem lehet vagy nagyon körülményes megoldani.

Gyógyászati alkalmazások esetében is van igény a vezeték nélküli energiaátvitelre. A testben elhelyezett elektromos eszközök, mint a szívpumpa vagy a gyógyszeradagoló energiaellátása is megoldható a test felületére szerelt adóval, amelyet akár egy mellénybe szerelve hordhat magán az eszköz birtokosa. Ezzel elkerülhető a test felületén átvezetett vezetékek által okozott fertőzések és kényelmetlenségek. Emellett ezek az eszközök a környezetben lévő töltők sugárzását is használhatják, így nem szükséges használoójának a töltésre szánt mellényt hordania. A jövőben megjelenhetnek vezeték nélküli energiaátvitellel működtetett kapszula méretű kamerák, melyeket a vizsgálandó személy lenyel, és akár élő képet küldve segítik a diagnosztizálást. Számos ötlet és szabadalom van a vezeték nélküli energiaátvitel

WIRELESS IMPLANTABLE MEDICAL DEVICES



4. ábra: Néhány példa a vezeték nélkül tölthető eszközökre
Forrás: Haitham Hassanieh et al. (MIT)

katonai alkalmazására, ahol a katonák hordozható rádióit, lámpáit és éjjellátó szemüvegeit lehet tölteni csapatszállítás közben vagy a gyógyászati alkalmazásoknál említett mellény használatával. A robotok töltésére is alkalmas energiaátviteli lehetőség nagy előnye, hogy ilyenkor csak a robotot éri sugárzás, így az emberi használathoz kötelező határértékeket nem kell figyelembe venni.

Az emberek környezetében használt vezeték nélküli töltő egységek tervezésénél szigorú szabályozásnak kell megfelelni, a megszabott sugárzási határértékek figyelembevétele elengedhetetlen az eszköz forgalomba hozatalához. Ezek mellett figyelembe kell venni, hogy az eszközök közelében nemcsak emberek tartózkodhatnak, hanem akár kistestű állatok is, melyekre más sugárzási határérték vonatkozik. A különböző eszközök használatánál is gondot okozhat az elektromágneses zavarás, mivel a vezeték nélkül tölthető eszközöknél az ISM (industrial, scientific and medical) frekvenciasávokon történik az energiaátvitel.

FŐ TRENDK A JELEN TÜKRÉBEN

A vezeték nélküli energiaátvitel területén történő kutatások legnagyobb része Japán, az USA, illetve Dél-Korea területén folynak, a legtöbb szabadalom az Egyesült Államokban van bejegyezve. A mobil eszközök mellett az IoT (Internet-of-Things) eszközökben, a szenzorok energiaellátására használnak legtöbbször vezeték nélküli megoldásokat. A villamos autók töltése csak a harmadik helyen van a legtöbbet használt vezeték nélküli töltést használó eszközök között.

A különböző technológiák közül az induktív csatolás a leginkább elterjedt, majd a mikrohullámú és a kapacitív csatolt technológiák következnek. Az adóegységek felhasználási terület szerinti eloszlásában a különálló teljesítményadók dominálnak, ezt követik az autóba és bútorba épített egységek. A vezeték nélküli energiaátviteli eszközök piaci növekedésére az egészségügyi szabványok negatív hatással vannak. A szigorú szabályozások korlátozzák gyártók lehetőségeit, így az új fejlesztések kevésbé tudnak eljutni a felhasználókhoz.

Európában egyelőre nem jellemző a technológia kutatása, inkább licenzeket vásárolnak az amerikai vagy japán cégektől. Ez a trend Magyarországra is jellemző, ahol egy-két cég érdeklődik csak a technológia iránt, azonban bizakodásra adhat okot, hogy Debrecenben fognak majd gyártani Qi eszközök tesztelésére szolgáló berendezéseket. Az átvitel megvalósítása és tesztelése mellett Magyarországon a BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszéken kutatások is folynak, melyek magába foglalják az új eszközök építését is.

Ahogy Dr. Gyimóthy Szabolcs előadásából kiderült, a vezeték nélküli energiaátvitel szerteágazó kutatási terület, mellyel kapcsolatos fejlesztések közel sem értek még véget. A felhasználási lehetőségek széles tárházát felvonultató technológia számos egyedi megoldást kíván, amelyek elengedhetetlenek az otthoni és a városi használat elterjedéséhez.

Békési Márton

Az Energetikai Szakkollégium tagja